

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-111644

(P2001-111644A)

(43) 公開日 平成13年4月20日 (2001.4.20)

(51) IntCl.⁷

識別記号

F I

テーマコード* (参考)

H 0 4 L 27/38

H 0 4 B 1/16

A

H 0 4 B 1/16

H 0 4 L 27/00

G

H 0 4 L 27/22

27/22

F

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-51531 (P2000-51531)

(22) 出願日 平成12年2月28日 (2000.2.28)

(31) 優先権主張番号 特願平11-221164

(32) 優先日 平成11年8月4日 (1999.8.4)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 吉岡 博

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72) 発明者 中津川 征士

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72) 発明者 久保田 周治

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(74) 代理人 100074930

弁理士 山本 恵一

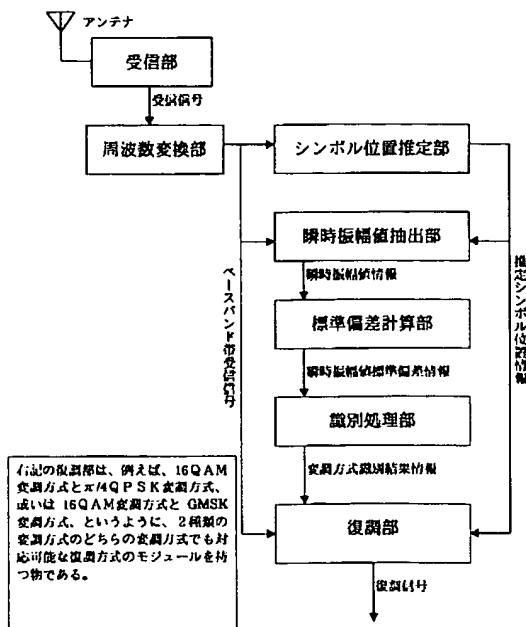
(54) 【発明の名称】 変調方式自動識別受信機

(57) 【要約】

【課題】 既存の通信方式にも適用可能で且つ柔軟性にも富む、自動識別方式を有する変調方式自動識別受信機を提供する。

【解決手段】 受信信号をベースバンド周波数帯信号に変換する周波数変換部と、該受信信号のシンボル位置を推定して推定シンボル位置情報を出力するシンボル位置推定部と、受信信号の瞬時振幅値を抽出して出力する瞬時振幅値抽出部と、受信信号の瞬時振幅値の標準偏差情報を計算して出力する標準偏差計算部と、予め設定・記憶された複数の変調方式にそれぞれ対応する瞬時振幅値の特徴的標準偏差値と比較して受信信号の変調方式を識別し、変調方式識別結果情報を出力する識別処理部と、受信信号の変調方式に対応する復調方式を選定して受信信号を復調する復調部とを有する。

受信機の構成例 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の変調方式に対応可能な復調方式のモジュールを具備する受信機であって、 任意の送信機からの変調信号を受信して、ベースバンド周波数帯の受信信号に変換する周波数変換部と、 前記周波数変換部によりベースバンド周波数帯に変換された受信信号を入力して、該受信信号のシンボル位置を推定して推定シンボル位置情報を出力するシンボル位置推定部と、 前記受信信号と、前記シンボル位置推定部により出力された推定シンボル位置情報とを入力し、前記受信信号の推定シンボル位置における瞬時振幅値を抽出して出力する瞬時振幅値抽出部と、

前記瞬時振幅値抽出部の出力である推定シンボル位置における瞬時振幅値を入力し、前記受信信号の推定シンボル位置における瞬時振幅値の標準偏差情報を計算して出力する標準偏差計算部と、

前記標準偏差計算部の出力である推定シンボル位置における瞬時振幅値の標準偏差情報を入力し、予め設定・記憶された複数の変調方式にそれぞれ対応する推定シンボル位置における瞬時振幅値の特徴的標準偏差値と比較して前記受信信号の変調方式を識別し、変調方式識別結果情報を出力する識別処理部と、

前記周波数変換部からのベースバンド周波数帯の受信信号と前記シンボル位置推定部からの推定シンボル位置情報とを入力して、前記識別処理部からの変調方式識別結果情報により、前記受信信号の変調方式に対応する復調方式を選定して該復調方式により、前記受信信号を復調する復調部とを具備することを特徴とする変調方式自動識別受信機。

【請求項 2】 複数の変調方式に対応可能な復調方式のモジュールを具備する受信機であって、 任意の送信機からの変調信号を受信して、ベースバンド周波数帯の信号に変換する周波数変換部と、 前記周波数変換部によりベースバンド周波数帯に変換された受信信号を入力して、該受信信号のシンボル位置を推定して推定シンボル位置情報を出力するシンボル位置推定部と、

前記受信信号と、前記シンボル位置推定部により出力された推定シンボル位置情報とを入力し、前記受信信号の推定シンボル位置における瞬時位相値を抽出して出力する瞬時位相値抽出部と、

前記瞬時位相値抽出部の出力である推定シンボル位置における瞬時位相値を入力し、前記受信信号の推定シンボル位置における瞬時位相値の標準偏差情報を計算して出力する標準偏差計算部と、

前記標準偏差計算部の出力である推定シンボル位置における瞬時位相値の標準偏差情報を入力し、予め設定・記憶された複数の変調方式にそれぞれ対応する瞬時位相値の特徴的標準偏差値と比較して前記受信信号の変調方式を識別し、変調方式識別結果情報を出力する識別処理部

と、

前記周波数変換部からのベースバンド周波数帯の受信信号と前記シンボル位置推定部からの推定シンボル位置情報とを入力し、前記識別処理部からの変調方式識別結果情報により、前記受信信号の変調方式に対応する復調方式を選定して該復調方式により前記受信信号を復調する復調部とを具備することを特徴とする変調方式自動識別受信機。

【請求項 3】 複数の変調方式に対応可能な復調方式のモジュールを具備する受信機であって、

任意の送信機からの変調信号を受信して、ベースバンド周波数帯の信号に変換する周波数変換部と、

前記周波数変換部によりベースバンド周波数帯に変換された受信信号を入力して、該受信信号のシンボル位置を推定して推定シンボル位置情報を出力するシンボル位置推定部と、

前記受信信号と、前記シンボル位置推定部により出力された推定シンボル位置情報とを入力し、前記受信信号の推定シンボル位置における瞬時振幅値と瞬時位相値を抽出して出力する瞬時振幅値及び瞬時位相値抽出部と、

前記瞬時振幅値及び瞬時位相値抽出部の出力である推定シンボル位置における瞬時振幅値と瞬時位相値とを入力して、前記受信信号の推定シンボル位置における瞬時振幅値の標準偏差情報と瞬時位相値の標準偏差情報とを計算して出力する標準偏差計算部と、

前記標準偏差計算部の出力である推定シンボル位置における瞬時振幅値の標準偏差情報と瞬時位相値の標準偏差情報とを入力して、予め設定・記憶された複数の変調方式にそれぞれ対応する瞬時振幅値の特徴的標準偏差値と瞬時位相値の特徴的標準偏差値と、前記標準偏差計算部で計算された推定シンボル位置における瞬時振幅値の標準偏差情報と瞬時位相値の標準偏差情報とを比較する事で前記受信信号の変調方式を識別して、変調方式識別結果情報を出力する識別処理部と、

前記周波数変換部からのベースバンド周波数帯の受信信号と前記シンボル位置推定部からの推定シンボル位置情報とを入力して、前記識別処理部からの変調方式識別結果情報により、前記受信信号の変調方式に対応する復調方式を選定して該復調方式により、前記受信信号を復調する復調部とを具備することを特徴とする変調方式自動識別受信機。

【請求項 4】 複数の変調方式に対応可能な復調方式のモジュールを具備する受信機であって、

変調信号を受信するアンテナ部と、

受信した前記変調信号を増幅する受信アンプ部と、

前記変調信号の周波数をベースバンド周波数に変換する周波数変換部と、

前記変調信号のシンボル位置を推定するシンボル位置推定部と、

前記シンボル位置における瞬時振幅値と前記シンボル位

置における瞬時位相値を抽出する瞬時振幅値、瞬時位相値抽出部と、

抽出した前記瞬時振幅値の標準偏差と連続したシンボル間の位相差分値の標準偏差を計算する標準偏差計算部と、

あらかじめ、識別の対象とする変調信号の推定シンボル位置における瞬時振幅値の標準偏差と連続シンボル間位相差分値の標準偏差を一組とする座標値で表される二次元平面上での位置を、複数のパターンとして当該変調方式ごとに記憶しておき、前記受信信号から、前記推定シンボル位置における瞬時振幅値と前記シンボル位置における位相値を抽出し、抽出した前記推定シンボル位置における瞬時振幅値の標準偏差と前記連続シンボル間位相差分値の標準偏差を計算し、前記受信信号の、前記推定シンボル位置における瞬時振幅値の標準偏差と前記連続シンボル間位相差分値の標準偏差を一組とする座標値で表される二次元平面上での位置と、前記各変調信号のパターンの位置との距離を計算し、前記受信信号の、前記推定シンボル位置における瞬時振幅値の標準偏差と前記連続シンボル間位相差分値の標準偏差を一組とする座標値で表される二次元平面上での位置から最も短い距離に位置しているパターンの変調方式を識別結果として出力する識別処理部と、

識別結果をもとに変調信号の復調を行う復調部とを有することを特徴とする変調方式自動識別受信機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数の変調方式に対応可能な復調方式のモジュールを具備する受信機に関する。特に、将来の無線通信技術において重要な役割を果たすと考えられている汎用復調技術に関する。この汎用復調技術を実現するために必要となる機能として、変調方式の自動識別機能が挙げられる。変調方式の識別機能は、データ復調部の前段階のステップに位置し、復調に必要なパラメータを演算によって算出する。

【0002】

【従来の技術】従来の無線通信においては、変調方式は固定であり、変調方式を識別する必要はなかった。これに対し現在では、通信方式の多様化に伴い、変調方式を可変にすることが検討されている。

【0003】図1は、変調方式の識別に関する体系図である。図1によれば、変調情報を送信信号に予め組み込む識別情報組込方式と、自動的に変調方式を識別する自動識別方式との二つが考えられる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】識別情報組込方式は、自動識別方式と比較して、処理の容易性、識別速度の点で優れるが、新規に通信方式を定める必要がある。また、既に規格化された通信方式に適用できないという点でも汎用性に劣る。

【0005】そこで、本発明の目的は、既存の通信方式にも適用可能で且つ柔軟性にも富む、自動識別方式を有する変調方式自動識別受信機を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】従って、本発明の変調方式自動識別受信機によれば、任意の送信機からの変調信号を受信して、ベースバンド周波数帯の受信信号に変換する周波数変換部と、周波数変換部によりベースバンド周波数帯に変換された受信信号を入力して、該受信信号のシンボル位置を推定して推定シンボル位置情報を出力するシンボル位置推定部と、受信信号とシンボル位置推定部により出力された推定シンボル位置情報とを入力し、受信信号の推定シンボル位置における瞬時振幅値を抽出して出力する瞬時振幅値抽出部と、瞬時振幅値抽出部の出力である推定シンボル位置における瞬時振幅値を入力し、受信信号の推定シンボル位置における瞬時振幅値の標準偏差情報を計算して出力する標準偏差計算部と、標準偏差計算部の出力である瞬時振幅値の標準偏差情報を入力し、予め設定・記憶された複数の変調方式にそれぞれ対応する瞬時振幅値の特徴的標準偏差値と比較して前記受信信号の変調方式を識別し、変調方式識別結果情報を出力する識別処理部と、周波数変換部からのベースバンド周波数帯の受信信号とシンボル位置推定部からの推定シンボル位置情報とを入力し、識別処理部からの変調方式識別結果情報により、受信信号の変調方式に対応する復調方式を選定して該復調方式により、受信信号を復調する復調部とを有するものである。これにより、QAM等の多値変調方式及びGMSK等の周波数変調方式、又はQAM等の多値変調方式及びQPSK等の位相変調方式というように多値変調方式とそれ以外の変調方式との識別が可能となる。

【0007】本発明の変調方式自動識別受信機によれば、任意の送信機からの変調信号を受信して、ベースバンド周波数帯の信号に変換する周波数変換部と、周波数変換部によりベースバンド周波数帯に変換された受信信号を入力し、該受信信号のシンボル位置を推定して推定シンボル位置情報を出力するシンボル位置推定部と、受信信号とシンボル位置推定部により出力された推定シンボル位置情報とを入力し、受信信号の推定シンボル位置における瞬時位相値を抽出して出力する瞬時位相値抽出部と、瞬時位相値抽出部の出力である推定シンボル位置における瞬時位相値を入力し、受信信号の推定シンボル位置における瞬時位相値の標準偏差情報を計算して出力する標準偏差計算部と、標準偏差計算部の出力である推定シンボル位置における瞬時位相値の標準偏差情報を入力し、予め設定・記憶された複数の変調方式にそれぞれ対応する瞬時位相値の特徴的標準偏差値と比較して受信信号の変調方式を識別し、変調方式識別結果情報を出力する識別処理部と、周波数変換部からのベースバンド周波数帯の受信信号とシンボル位置推定部からの推定シン

ボル位置情報とを入力して、識別処理部からの変調方式識別結果情報により、受信信号の変調方式に対応する復調方式を選定して該復調方式により、受信信号を復調する復調部とを有するものである。これにより、GMSK等の位相を滑らかに変化させる周波数変調方式と、QAM等の多値変調方式、又はGMSK等の位相を滑らかに変化させる周波数変調方式と、QPSK等の位相変調方式というように、位相を滑らかに変化させる周波数変調方式とそれ以外の変調方式との識別が可能となる。

【0008】本発明の変調方式自動識別受信機によれば、任意の送信機からの変調信号を受信して、ベースバンド周波数帯の信号に変換する周波数変換部と、周波数変換部によりベースバンド周波数帯に変換された受信信号を入力し、該受信信号のシンボル位置を推定して推定シンボル位置情報を出力するシンボル位置推定部と、受信信号とシンボル位置推定部により出力された推定シンボル位置情報とを入力し、受信信号の推定シンボル位置における瞬時振幅値と瞬時位相値を抽出して出力する瞬時振幅値及び瞬時位相値抽出部と、瞬時振幅値及び瞬時位相値抽出部の出力である推定シンボル位置における瞬時振幅値と瞬時位相値とを入力し、受信信号の推定シンボル位置における瞬時振幅値の標準偏差情報と瞬時位相値の標準偏差情報とを計算して出力する標準偏差計算部と、標準偏差計算部の出力である推定シンボル位置における瞬時振幅値の標準偏差情報と瞬時位相値の標準偏差情報を入力し、予め設定・記憶された複数の変調方式にそれぞれ対応する瞬時振幅値の特徴的標準偏差値と瞬時位相値の特徴的標準偏差値と、標準偏差計算部で計算された推定シンボル位置における瞬時振幅値の標準偏差情報と瞬時位相値の標準偏差情報とを比較する事で受信信号の変調方式を識別し、変調方式識別結果情報を出力する識別処理部と、周波数変換部からのベースバンド周波数帯の受信信号とシンボル位置推定部からの推定シンボル位置情報とを入力して、識別処理部からの変調方式識別結果情報により、受信信号の変調方式に対応する復調方式を選定して該復調方式により受信信号を復調する復調部とを有するものである。これにより、QAM等の多値変調方式、GMSK等の位相を滑らかに変化させる周波数変調方式、又はQPSK等の位相変調方式から、何れの変調方式が使用されているかが、識別可能となる。

【0009】本発明の別の実施例による変調方式自動識別受信機は変調信号を受信するアンテナ部と、受信した前記変調信号を増幅する受信アンプ部と、前記変調信号の周波数をベースバンド周波数に変換する周波数変換部と、前記変調信号のシンボル位置を推定するシンボル位置推定部と、前記シンボル位置における瞬時振幅値と前記シンボル位置における瞬時位相値を抽出する瞬時振幅値、瞬時位相値抽出部と、抽出した前記瞬時振幅値の標準偏差と連続したシンボル間の位相差分値の標準偏差を計算する標準偏差計算部と、あらかじめ、識別の対象と

する変調信号の推定シンボル位置における瞬時振幅値の標準偏差と連続シンボル間位相差分値の標準偏差を一組とする座標値で表される二次元平面上での位置を、複数の個のパターンとして当該変調方式ごとに記憶しておき、前記受信信号から、前記推定シンボル位置における瞬時振幅値と前記シンボル位置における位相値を抽出し、抽出した前記推定シンボル位置における瞬時振幅値の標準偏差と前記連続シンボル間位相差分値の標準偏差を計算し、前記受信信号の、前記推定シンボル位置における瞬時振幅値の標準偏差と前記連続シンボル間位相差分値の標準偏差を一組とする座標値で表される二次元平面上での位置と、前記各変調信号のパターンの位置との距離を計算し、前記受信信号の、前記推定シンボル位置における瞬時振幅値の標準偏差と前記連続シンボル間位相差分値の標準偏差を一組とする座標値で表される二次元平面上での位置から最も短い距離に位置しているパターンの変調方式を識別結果として出力する識別処理部と、識別結果をもとに変調信号の復調を行う復調部とを有する。これにより多値変調信号、位相が滑らかに変化する周波数変調信号、位相変調信号を自動的に識別して復調することができる。

【0010】

【発明の実施の形態】以下では、図面を用いて、本発明の実施形態を詳細に説明する。

【0011】図2は、本発明による変調方式自動識別受信機の構成図である。アンテナで受信された変調信号は、受信アンプで増幅され、増幅された受信信号の周波数は、周波数変換部でベースバンド帯域に変換される。次に、シンボル位置推定部において、蓄積一括復調方式（参考文献[1]：三宅優、他「演算量を大幅に低減した蓄積一括復調方式のためのタイミング抽出法」電子情報通信学会論文誌B-I Vol. J72-B-I No. 9 pp. 754-761, 1989年9月）を用いて、受信信号のシンボル位置を推定する。ここで推定したシンボル位置における瞬時振幅値を瞬時振幅値抽出部において抽出する。次に、標準偏差計算部において計算された瞬時振幅値の標準偏差をもとに、識別処理部において、多値変調信号と、周波数変調信号又は位相変調信号とを識別する。識別処理部において推定された結果をもとに、復調部において復調処理が行われ、ベースバンド信号が復元される。

【0012】図3は、本発明による変調方式自動識別受信機の他の実施形態の構成図である。図2には瞬時振幅値抽出部が設けられているのに対して、図3には瞬時位相値抽出部が設けられている点で異なる。図3では、シンボル位置推定部で推定したシンボル位置における瞬時位相値を瞬時位相値抽出部において抽出する。次に、標準偏差計算部において計算された連続シンボル間位相差分値の標準偏差をもとに、識別処理部において、位相が滑らかに変化する周波数変調信号と、多値変調信号又は位相変調信号とを識別する。識別処理部において推定さ

れた結果をもとに、復調部において復調処理が行われ、ベースバンド信号が復元される。

【0013】図4は、本発明による変調方式自動識別受信機の他の実施形態の構成図である。図4は、図2及び図3の構成を併せ持ったものである。シンボル位置推定部で推定したシンボル位置における瞬時振幅値と瞬時位相値とを瞬時振幅値・瞬時位相値抽出部において抽出する。次に、標準偏差計算部において計算された瞬時振幅値の標準偏差と連続シンボル間位相差分値の標準偏差とを基に、識別処理部において、位相が滑らかに変化する周波数変調信号と、多値変調信号と、又は位相変調信号とを識別する。識別処理部において推定された結果をもとに、復調部において復調処理が行われ、ベースバンド信号が復元される。

【0014】多値変調信号の瞬時振幅値はシンボルごとに大きく変化するのに対し、周波数変調信号及び位相変調信号の瞬時振幅値の分布は、1つのピークに集中すると思われる。従って、推定シンボル位置における瞬時振幅値の標準偏差を特徴量とすることにより、多値変調信号と、周波数変調信号又は位相変調信号との識別が可能となる。

【0015】また、周波数変調方式で広く用いられているGMSKを考えた場合、シンボル間の位相は滑らかに変化する。これと比較して、多値変調信号又は位相変調信号はシンボル間の位相変化が大きい。従って、連続シンボル間位相差分値の標準偏差を特徴量とすることにより、位相が滑らかに変化する周波数変調信号と、多値変調信号又は位相変調信号との識別が可能となる。

【0016】発明者らは、実際に、シミュレーションにより、変調信号の推定シンボル位置における瞬時振幅値を抽出し、最近傍決定法を用いて多値変調信号の識別を行った。

【0017】図5は、最近傍決定法を用いた場合における各変調方式のパターンの位置関係の説明図である。

【0018】最近傍決定法は、抽出した特徴量を用いて行われる識別手法の一つである（参考文献〔2〕：石井健一郎、上田修功、前田英作、村瀬洋、“わかりやすいパターン認識”、第1版第1刷、オーム出版局）。最近傍決定法は、予め各変調方式のパターンを特徴空間上に配置し、配置した各パターンと受信信号のパターンとの距離によって識別を行う方法である。最近傍決定法は、処理が比較的簡単であり、パターン数を増やすことにより、ある程度高い識別率が得られるという特長がある。例として、図4の受信機の構成例3における識別処理部での処理を考えると、予め、識別の対象とする変調信号の推定シンボル位置における瞬時振幅値の標準偏差と連続シンボル間位相差分値の標準偏差とを一組とする座標値で表される二次元平面上での位置を、特徴空間上に各変調方式のパターンとして配置する。そして、受信信号の推定シンボル位置における瞬時振幅値の標準偏差と連

続シンボル間位相差分値の標準偏差とを一組とする座標値で表される二次元平面上での位置が、どの変調方式のパターンと最も近いかを判定する。

【0019】図5の識別処理において用いた特徴量は、推定シンボル位置における瞬時振幅値の標準偏差である。ここで対象とした変調方式は、GMSK、 $\pi/4$ QPSK、16QAMである。これらは、周波数変調信号、位相変調信号及び多値変調信号のそれぞれにおいて実際に用いられている代表的な変調方式である。識別手法は、予め特徴空間上に配置する各変調方式のパターン数を増やすことで、ある程度高い識別率を維持できる最近傍決定法を用いた。GMSK、 $\pi/4$ -QPSKは、推定シンボル位置における瞬時振幅値の標準偏差はほぼ0である。16QAMは、瞬時振幅値の標準偏差が2.62となった。瞬時振幅値は、16QAMにおいて3レベル存在する包絡線振幅のうち、最もレベルの小さい包絡線振幅の同相成分値の2/5を1として正規化されている。各変調方式のパターン作成時の観測シンボル数は500とした。このように各変調方式のパターンを配置した後、受信信号の推定シンボル位置における瞬時振幅値の標準偏差値で表される一次元軸上での位置を算出し、この受信信号のパターンから各変調方式のパターンまでの距離を計算し、受信信号のパターンから最も近くに位置しているパターンの変調方式を推定結果として出力する。図5のように、受信信号の瞬時振幅値の標準偏差が1.85である場合、推定結果は16QAMとなる。

【0020】図6は、図5のシミュレーション結果のグラフである。図6において、横軸はSNR、縦軸は識別率である。サンプル数は2000、サンプル当たりの観測シンボル数は5とした。この結果、16QAMの識別率はSNRに大きな依存性がなく、80%前後であった。この識別率は、サンプルあたりの観測シンボル数を増やすこと、又は予め配置する各変調方式のパターン数を増やすことによって向上させることが可能であると考えられる。

【0021】図7は、最近傍決定法を用いた場合における各変調方式のパターンの位置関係の説明図である。図7の識別処理において用いた特徴量は、連続シンボル間位相差分値の標準偏差である。実際に、シミュレーションにより、変調信号の推定シンボル位置における瞬時位相値を抽出し、最近傍決定法を用いて位相が滑らかに変化する周波数変調信号の識別を行った。ここで対象とした変調方式は、GMSK、 $\pi/4$ -QPSK、16QAMである。これらは、周波数変調信号、位相変調信号、多値変調信号のそれぞれにおいて実際に用いられている代表的な変調方式である。識別手法は、予め特徴空間上に配置する各変調方式のパターン数を増やすことで、ある程度高い識別率を維持できる最近傍決定法を用いた。GMSKは、連続シンボル間位相差分値の標準偏差はほ

ば 0 である。16QAM、 $\pi/4$ -QPSK の連続シンボル間位相差分値の標準偏差は、それぞれ 0.87 (rad)、0.78 (rad) となった。各変調方式のパターン作成時の観測シンボル数は 500 とした。このように各変調方式のパターンを配置した後、受信信号の連続シンボル間位相差分値の標準偏差で表される一次元軸上での位置を算出し、この受信信号のパターンから各変調方式のパターンまでの距離を計算し、受信信号のパターンから最も近くに位置しているパターンの変調方式を推定結果として出力する。図 7 のように、受信信号の連続シンボル間位相差分値の標準偏差が 0.26 (rad) である場合、推定結果は GMSK となる。

【0022】図 8 は、図 7 のシミュレーション結果のグラフである。図 8 において、横軸は SNR、縦軸は識別率である。サンプル数は 2000、サンプルあたりの観測シンボル数は 5 とした。この結果、GMSK の識別率は、SNR が 20 dB 以上の場合、93% 以上となった。この識別率は、サンプルあたりの観測シンボル数を増やすことまたは、予め配置する各変調方式のパターン数を増やすことによって向上させることが可能であると考えられる。

【0023】図 9 は、最近傍決定法を用いた場合における各変調方式のパターンの位置関係の説明図である。図 9 の識別処理において用いた特徴量は、推定シンボル位置における瞬時振幅値の標準偏差と連続シンボル間位相差分値の標準偏差である。実際に、シミュレーションにより、変調信号の推定シンボル位置における瞬時振幅値と推定シンボル位置における位相値を抽出し、最近傍決定法を用いて位相が滑らかに変化する周波数変調信号と、位相変調信号と、多値変調信号との識別を行った。ここで対象とした変調方式は GMSK、 $\pi/4$ -QPSK、16QAM である。これらは、周波数変調信号、位相変調信号、多値変調信号のそれぞれにおいて実際に用いられている代表的な変調方式である。識別手法は、予め特徴空間上に配置するパターン数を増やすことで、ある程度高い識別率を維持できる最近傍決定法を用いた。GMSK はどちらの特徴量もほぼ 0 と等しく、 $\pi/4$ -QPSK は、推定シンボル位置における瞬時振幅値の標準偏差はほぼ 0 であり、連続シンボル間位相差分値の標準偏差が 0.78 (rad) となった。16QAM は、瞬時振幅値の標準偏差が 2.62、連続シンボル間位相差分値の標準偏差が 0.87 (rad) となった。瞬時振幅値は 16QAM において 3 レベル存在する包絡線振幅のうち、最もレベルの小さい包絡線振幅の同相成分値の $2/5$ を 1 として正規化されている。各変調方式のパターン作成時の観測シンボル数は 500 とした。このように各変調方式のパターンを配置した後、受信信号の推定シンボル位置における瞬時振幅値の標準偏差と連続シンボル間位相差分値の標準偏差を一組とする座標値で表される二次元平面上での位置を算出し、この受信信号の

パターンの位置から各変調方式のパターンまでの距離を計算し、受信信号のパターンから最も近くに位置しているパターンの変調方式を推定結果として出力する。図 9 のように、受信信号の瞬時振幅値の標準偏差が 0.76、連続シンボル間位相差分値の標準偏差が 0.26 (rad) である場合、推定結果は GMSK となる。

【0024】図 10 は、図 9 のシミュレーション結果のグラフである。図 10 において、横軸は SNR、縦軸は識別率である。各プロットごとのサンプル数は 2000、サンプルあたりの観測シンボル数は 5 とした。この結果、16QAM の識別率は SNR に大きな依存性がなく、80% 前後であった。一方、GMSK と $\pi/4$ -QPSK に関しては、SNR が 20 dB 以上の場合、識別率は 93% 以上である。この識別率は、サンプルあたりの観測シンボル数を増やすことまたは、予め配置する各変調方式のパターン数を増やすことによって向上させることが可能であると考えられる。

【0025】前述では、本発明の変調方式自動識別受信機の一実施形態を説明したが、本発明の技術的思想及び見地の範囲の種々の変更、修正及び省略は、当業者によれば容易に行うことができる。従って、前述の説明はあくまで例であって、何ら制約しようとするものではない。本発明は、特許請求の範囲及びその等価物として限定するものにのみ制約される。

【0026】尚、最後に、前述した参考文献の蓄積一括復調方式について説明する。図 11 は、蓄積一括復調方式のブロック図である。蓄積一括復調方式は大きく分けて、キャリア非同期のまま直交検波を行い復調データを得る部分、その復調データの振幅 2 乗和のスペクトラムからシンボル点位置を推定する部分及び推定したシンボル点位置における復調データの位相変化から変調位相成分を取り除いてキャリア周波数情報を推定する部分に分かれる。

【0027】シンボル位置推定部において行われる処理を以下に示す。キャリア非同期のままデジタル変調信号を直交検波したことによって得られる復調データにはキャリア周波数オフセットと初期位相誤差の影響が残る。これらの復調データを A/D サンプリングしその 2 乗和をとると、データシンボル成分のみが残る。復調データの 2 乗和成分中にはシンボルレート成分のみが卓越しているので、これに FFT をかけスペクトルを求めるとそのピークはシンボルレートの成分となる。一般に A/D 変換時のサンプリングとシンボルのタイミングとは非同期なのでスペクトルのピークはシンボルレートの成分とは完全には一致しない。そこで、ピークの成分とそれに隣接している 2 つの成分のうち大きい方を抽出し、それら 2 つをシンボルレート成分とみなして逆 FFT をかける。このようにして抽出したシンボルレート成分に逆 FFT をかけると、得られる実部と虚部はシンボルレートの位相成分となり、両者の逆正接をとるとシン

ボルレート位相成分 ϕ が得られる。 T_s ：サンプリングの周期、 nT_s ： n 番目のサンプリング時点、 f_b ：シンボルレート周波数、 θ ：位相差とすると、

$$\phi(nT_s) = [2\pi f_b nT_s + \theta] \bmod 2\pi$$

となる。

【0028】ここで、 $\phi(nT_s) = \pi$ となる点が各シンボルの中央位置になるが、一般にA/D変換時のサンプリングと1シンボルのタイミングとは非同期なので、そのような条件を正確に満たす点は存在しない。そこで、 $\phi(nT_s) = \pi$ となる点を前後の2点を使って線形補間によって求めた。このようにして推定したシンボル位置における瞬時振幅と仮復調データの位相成分は、更に滑らかな関数である前後4点のデータを使って補間する4次のLagrange補間式によって求めた。

【0029】最後に、本発明の更に別の実施例を図4、図12、図13および図14により説明する。図4の受信機の自動識別処理部において、アンテナ部において受信された変調信号は、受信アンプ部において増幅され、増幅された変調信号の周波数は、周波数変換部においてベースバンド周波数に変換される。次にシンボル位置推定部において、蓄積一括復調方式を用いて変調信号のシンボル位置を推定する。ここで推定したシンボル位置における瞬時振幅値と瞬時位相値を瞬時振幅値・瞬時位相値抽出部において抽出する。次に標準偏差計算部において計算された瞬時振幅値の標準偏差と連続シンボル間位相差分値の標準偏差をもとに、識別処理部において、各変調方式を識別する。識別処理部において推定された結果をもとに、復調部において復調処理が行われ、ベースバンド信号が復元される。

【0030】前述の各実施例では、各変調方式のパターンを特徴空間に1個ずつ配置し、識別処理を行った。本実施例では、各変調方式のパターンを特徴空間に複数個配置し、識別処理を行う。まず図12に、対象とする変調方式をGMSK、BPSK、 $\pi/4$ -QPSK、QPSK、16QAMとし、各変調方式のパターンを1個ずつ配置した場合の特徴空間の例を示す。特徴空間を構成する軸は、推定シンボル位置における瞬時振幅値の標準偏差と連続シンボル間位相差分値の分散である。また図13に、各変調方式のパターンを100個ずつ配置した場合の特徴空間の例を示す。図12に示す特徴空間と比較して図13に示した特徴空間の方が、より現実のデータを反映した境界線が引かれており、各変調方式のパターンを1個ずつ配置した場合よりも、識別率特性を向上させることが可能である。この図12と図13に示すそれぞれの特徴空間を用いて、各変調方式を識別するシミュレーションを行った。図14の結果において横軸は観測シンボル数、縦軸は識別率特性である。シミュレーション条件としてガウス通信路を仮定し、SNRは20dBとする。パターン作成時の観測シンボル数は500、シミュレーション回数は10000回とする。図14か

らわかるように、パターン数を増加させることによって、各変調方式の識別率特性が向上することがわかる。

【0031】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明によれば、既存の通信方式にも適用可能で且つ柔軟性にも富む、自動識別方式を有する変調方式自動識別受信機を提供することができる。

【0032】従って、本発明によれば、多値変調信号を自動的に識別して復調することができる。つまり、QAM等の多値変調方式及びGMSK等の周波数変調方式、又はQAM等の多値変調方式及びQPSK等の位相変調方式というように多値変調方式とそれ以外の変調方式との識別が可能となる。

【0033】また、本発明によれば、位相が滑らかに変化する周波数変調信号を自動的に識別して復調することができる。つまり、GMSK等の周波数変調方式及びQAM等の多値変調方式、又はGMSK等の周波数変調方式及びQPSK等の位相変調方式というように位相を滑らかに変化させる周波数変調方式とそれ以外の変調方式との識別が可能となる。

【0034】更に、本発明によれば、多値変調信号、位相が滑らかに変化する周波数変調信号、位相変調信号を自動的に識別して復調することができる。つまり、QAM等の多値変調方式、GMSK等の周波数変調方式、又はQPSK等の位相変調方式から、何れの変調方式が使用されているかが、識別可能となる。

【0035】更に、請求項4において述べた無線信号の受信機には、他の実施例で述べた変調信号の自動識別手段が実装されており、この受信機を用いることにより、多値変調信号、位相が滑らかに変化する周波数変調信号、位相変調信号を自動的に識別して復調することができる。

【0036】このように本発明は、通信形式の変化に対応できる汎用復調器の実現に対して効果があり、また、干渉波の特定や除去、不法電波の監視等への応用が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】変調方式の識別に関する体系図である。

【図2】本発明による変調方式自動識別受信機の第1の実施形態の構成図である。

【図3】本発明による変調方式自動識別受信機の第2の実施形態の構成図である。

【図4】本発明による変調方式自動識別受信機の第3の実施形態の構成図である。

【図5】本発明による最近傍決定法を用いた場合の各変調方式のパターンの位置関係の説明図である。

【図6】図5のシミュレーション結果のグラフである。

【図7】本発明による最近傍決定法を用いた場合の各変調方式のパターンの位置関係の説明図である。

【図8】図7のシミュレーション結果のグラフである。

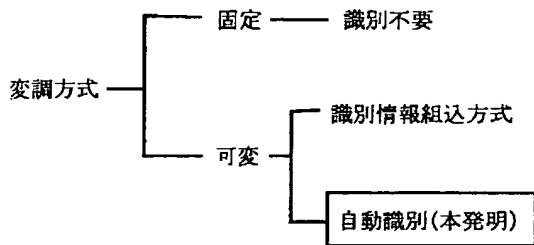
【図9】本発明による最近傍決定法を用いた場合の各変調方式のパターンの位置関係の説明図である。

【図10】図9のシミュレーション結果のグラフである。

【図11】蓄積一括復調方式の構成図である。

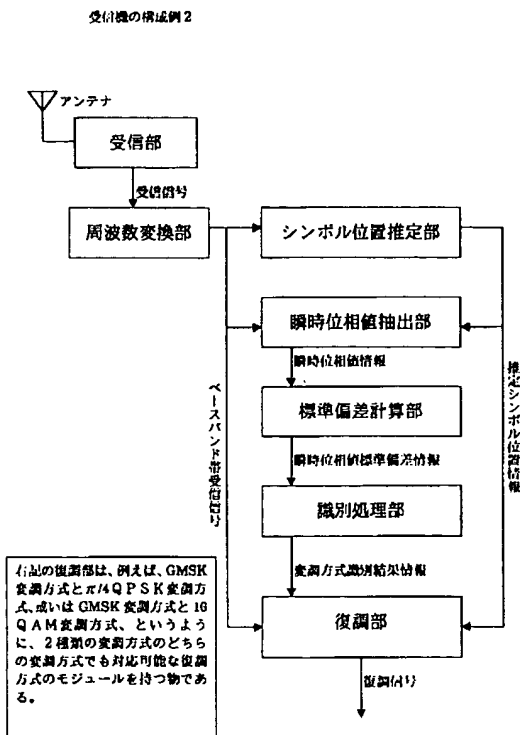
【図12】対象とする変調方式をGMSK、BPSK、 $\pi/4$ -QPSK、QPSK、16QAMとし、各変調方式のパターンを1個ずつ配置した場合の特徴空間を示す図である。

【図1】

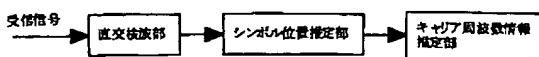


変調方式の識別に関する体系

【図3】



【図11】

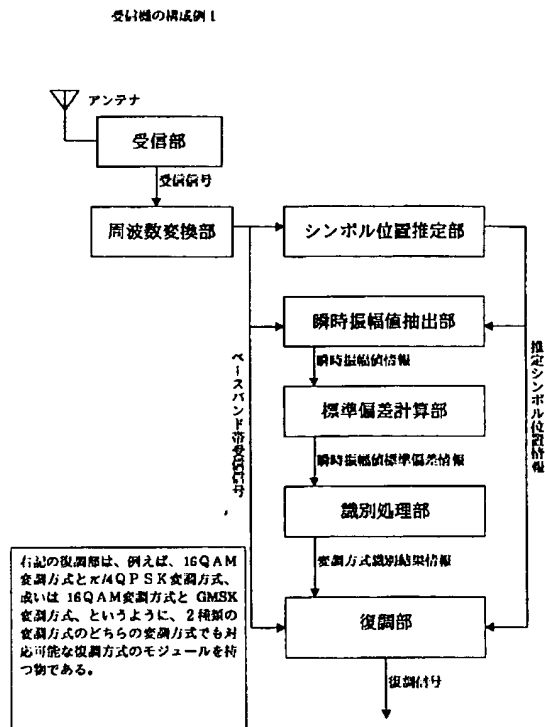


す図である。

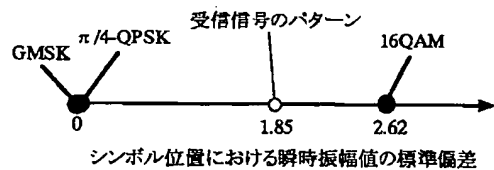
【図13】対象とする変調方式をGMSK、BPSK、 $\pi/4$ -QPSK、QPSK、16QAMとし、各変調方式のパターンを100個ずつ配置した場合の特徴空間を示す図である。

【図14】図12と図13に示すそれぞれの特徴空間を用いた場合の、各変調方式の識別率特性を示す図である。

【図2】



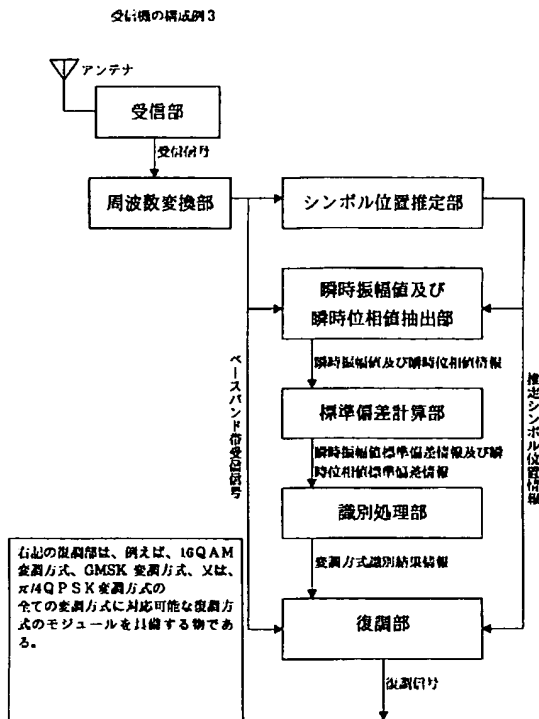
【図5】



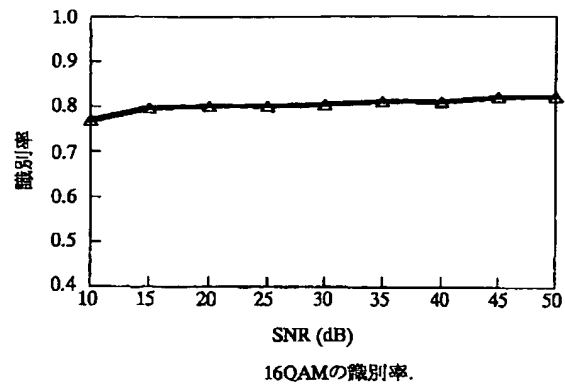
(16QAMにおいて最もレベルの小さい包絡線振幅の同相成分値の2/5を1として正規化された値)

各変調方式と受信信号のパターンの位置関係(1)。

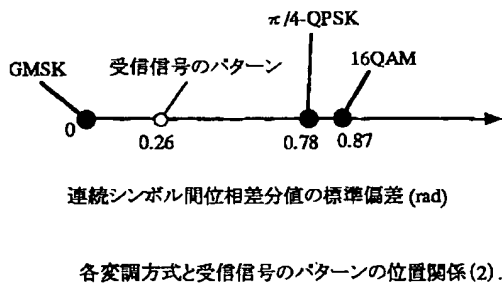
【図4】



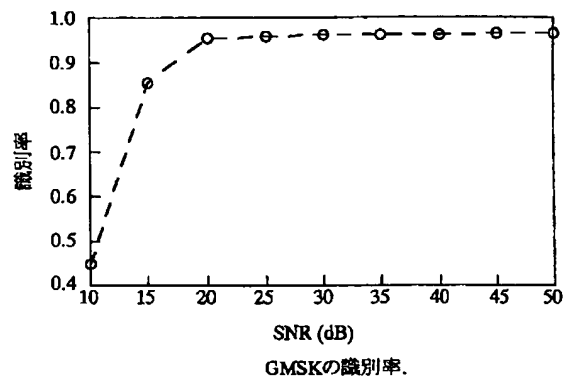
【図6】



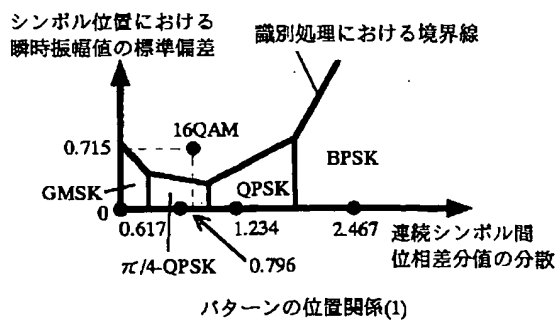
【図7】



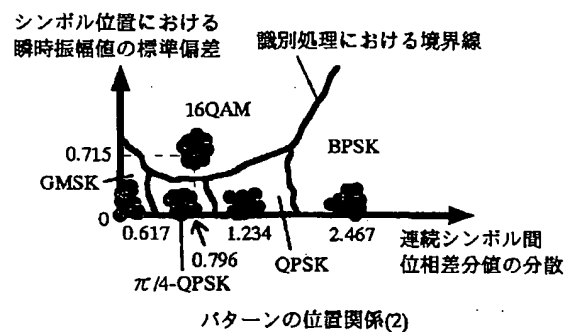
【図8】



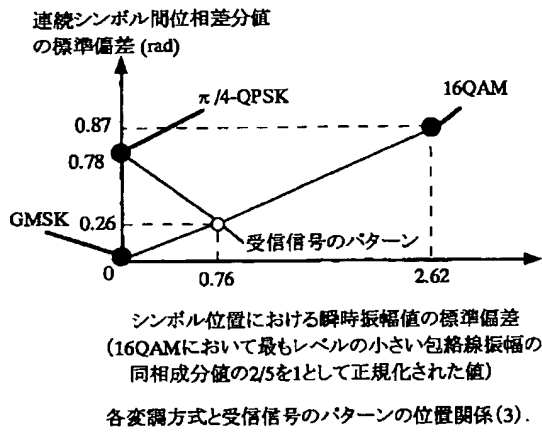
【図12】



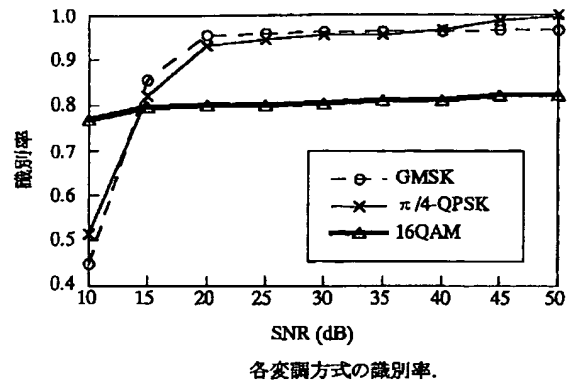
【図13】



【図 9】



【図 10】



【図 14】

